

**Patent Abstract** Already in cart

GER 2002-07-25 10103046 **Procedure for applying precious metal on an electrode of a spark plug**

**INVENTOR(S)**- Juestel, Thomas 96114 Hirschaid DE  
**INVENTOR(S)**- Funk, Konrad 96163 Gundelsheim DE  
**INVENTOR(S)**- Fischer, Jochen, Dr. 96052 Bamberg DE  
**INVENTOR(S)**- Benz, Andreas 96052 Bamberg DE

**APPLICANT(S)**- Robert Bosch GmbH 70469 Stuttgart DE  
**PATENT NUMBER**- 10103046/DE-A1  
**PATENT APPLICATION NUMBER**- 10103046  
**DATE FILED**- 2001-01-24  
**DOCUMENT TYPE**- A1, DOCUMENT LAID OPEN (FIRST PUBLICATION)  
**PUBLICATION DATE**- 2002-07-25  
**INTERNATIONAL PATENT CLASS**- H01T02102; H01T01320; H01T01339; H01T02102  
**PATENT APPLICATION PRIORITY**- 10103046, A  
**PRIORITY COUNTRY CODE**- DE, Germany, Ged. Rep. of  
**PRIORITY DATE**- 2001-01-24  
**FILING LANGUAGE**- German  
**LANGUAGE**- German NDN- 203-0499-9049-2

A procedure for connecting precious metal (2) with an electrode (1) of; a spark plug is described, whereby connecting is effected via heat entry, in particular in form of a welded joint. The heat entry is; effected thereby into a connecting range (3) from the precious metal; (2) averted side of the electrode (1) at least partly via these; through toward the precious metal (2) (figure 1).

**EXEMPLARY CLAIMS**- 1. Procedure for connecting precious metal (2) marked by an electrode (1) of a spark plug, whereby connecting via heat entry, in particular in form of a welded joint, by the fact takes place that the heat entry takes place into a connecting range (3) from the precious metal (2) turned away side of the electrode (1) at least partly via these through toward the Edelmetalles (2). 2. Procedure according to requirement 1, by the fact characterized that the heat entry takes place in an angle from at least approximately 90° to the connecting surface (3). 3. Procedure according to requirement 1 or 2, by the fact characterized that at least the precious metal (2) is not completely melted in a patch. 4. Procedure after one of the preceding requirements, by the fact characterized that connecting essentially takes place along an extent of the electrode (1). 5. Procedure after one of the preceding requirements, by the fact characterized that the heat entry does not take place up to one the electrode (1) turned away surface of the precious metal (2) in melting strength. 6. Procedure after one of the preceding requirements, by the fact characterized that the heat entry essentially takes place along a line. 7. Procedure after one of the preceding requirements, by the fact characterized that the heat entry takes place with the help of a laser beam (5). 8. Spark plug for a combustion engine marked by an electrode (1), which with precious metal (2) is provided, in particular in a procedure after one of the preceding requirements, whereby the precious metal (2) is connected by a welded joint with the electrode (1), by the fact that the precious metal (2) within the range of the welded joint at least partly on its the electrode (1) turned away surface unaufgeschmolzen is. 9. Spark plug according to requirement 8, by the fact characterized that the welded joint runs essentially linienfoermig. 10. Spark plug according to requirement 9, by the fact characterized that the welded joint is

NO-DESCRIPTORS



⑬ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 03 046 A 1**

⑤ Int. Cl. 7:  
**H 01 T 21/02**  
H 01 T 13/20

⑳ Aktenzeichen: 101 03 046.0  
㉔ Anmeldetag: 24. 1. 2001  
㉕ Offenlegungstag: 25. 7. 2002

DE 101 03 046 A 1

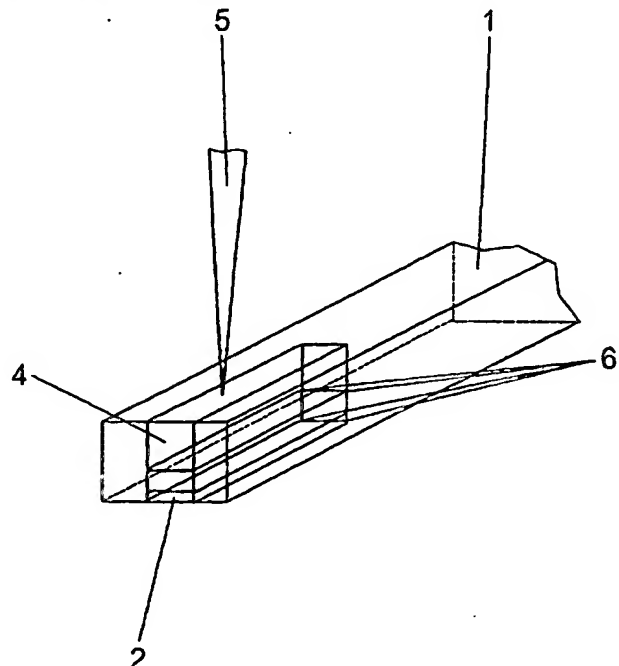
㉑ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉒ Erfinder:  
Juestel, Thomas, 96114 Hirschaid, DE; Funk,  
Konrad, 96163 Gundelsheim, DE; Fischer, Jochen,  
Dr., 96052 Bamberg, DE; Benz, Andreas, 96052  
Bamberg, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Verfahren zum Aufbringen von Edelmetall auf eine Elektrode einer Zündkerze

⑤⑦ Es wird ein Verfahren zum Verbinden von Edelmetall (2) mit einer Elektrode (1) einer Zündkerze beschrieben, wobei das Verbinden durch Wärmeeintrag, insbesondere in Form einer Schweißverbindung, erfolgt. Der Wärmeeintrag erfolgt dabei in einen Verbindungsbereich (3) von einer dem Edelmetall (2) abgewandten Seite der Elektrode (1) zumindest teilweise durch diese hindurch in Richtung des Edelmetalls (2) (Figur 1).



DE 101 03 046 A 1



[0001] Die Erfindung geht von einem Verfahren zum Aufbringen von Edelmetall auf eine Elektrode einer Zündkerze gemäß der im Oberbegriff des Patentanspruches 1 näher definierten Art aus.

[0002] Zündkerzen mit zumindest einer Elektrode, wie beispielsweise einer Mittel- oder Masseelektrode, die zumindest teilweise mit einem Edelmetall versehen ist, sind aus dem Stand der Technik seit längerer Zeit bekannt.

[0003] So wird in der EP 0 575 163 B1 eine Zündkerze mit einer Masse- und einer Mittelelektrode beschrieben. Die Mittelelektrode weist ein vorderes Ende mit einer daran angeschweißten Zündspitze auf, wobei die Zündspitze mit der Masseelektrode eine Funkenstrecke bildet. Um den Umfang der äußeren Grenzfläche erstreckt sich zwischen dem vorderen Ende der Elektrode und der Zündspitze eine ringförmige Laserschweißnaht. Die Zündspitze kann dabei vorzugsweise aus einem Edelmetall bestehen und mittels Laserstrahlschweißen, Argonschweißen oder Elektronenstrahlschweißen auf die Elektrode aufgebracht werden.

[0004] Aus der EP 0 587 446 B1 ist es bekannt, eine Zündkerzenelektrode herzustellen, indem ein Elektrodenrohling so bearbeitet wird, daß sich an einem Ende des Elektrodenrohlings ein Zündabschnitt befindet. Im Bereich des Zündabschnitts wird dann eine Ausnehmung geschaffen, in die Edelmetall eingesetzt wird, wobei das Volumen des Edelmetalls im wesentlichen dem der Ausnehmung entspricht. Danach werden Laserstrahlen auf das Edelmetall in der Ausnehmung gerichtet, um so 70 bis 100 Gew.-% des Edelmetalls zu schmelzen. Dadurch entsteht eine schmelzflüssige und eine diffundierte Legierungsschicht zwischen dem Material des Elektrodenrohlings und der schmelzflüssigen Edelmetallschicht. In die schmelzflüssige Legierungsschicht wird ein Teil des Materials des Elektrodenrohlings mittels Wärme eingeschmolzen, wobei dieser Teil 0,5 bis 80 Gew.-% der schmelzflüssigen Legierungsschicht entspricht.

[0005] Auch in der europäischen Patentschrift EP 0 637 113 wird es offenbart, zum Verbinden von Edelmetall mit einer Zündkerzenelektrode einen Laserstrahl auf eine Grenzfläche zwischen einem Edelmetall und einer Elektrode zu richten.

[0006] Bei all diesen aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen wird Edelmetall in Zündkerzenelektroden mittels Laserschweißen von der den Funken ausgesetzten Seite aus in die Elektrode einlegiert. Dabei vermischt sich das Edelmetall mit dem Elektrodengrundwerkstoff zu einer Legierung, die bezüglich der Korrosions- und Erosionsbeständigkeit schlechtere Eigenschaften aufweist als nicht aufgeschmolzenes und damit unlegiertes Edelmetall, aber immer noch deutlich bessere Eigenschaften als das Grundmaterial der Elektrode besitzt. Die Haltbarkeit dieser Verbindungen ist aufgrund der vollständigen Durchmischung von Edelmetall und Elektrodengrundmaterial im Schmelzbereich sehr gut.

[0007] Zwar muss bei einer Verbindung mittels Laserschweißen das Edelmetall nicht vollständig über seine gesamte Auflagefläche aufgeschmolzen werden, jedoch bleiben dennoch die Verbindungsbereiche, bei denen eine Durchmischung des Edelmetalls mit dem Elektrodenwerkstoff stattgefunden hat. Diese Bereiche stellen immer Bereiche geringerer Korrosions- und Erosionsbeständigkeit dar, die unerwünscht sind.

[0008] Darüber hinaus ist es aus der Praxis auch bekannt, bei Elektroden von Zündkerzen an den Verschleißbereichen

Edelmetall mittels Widerstandsschweißen aufzubringen. Dabei findet kaum Durchmischung des Edelmetalls mit der Elektrode statt. Das Edelmetall besitzt eine sehr gute Korrosions- und Erosionsbeständigkeit, jedoch ist die Haltbarkeit derartiger Verbindungen aufgrund der geringen beim Widerstandsschweißen entstehenden Diffusionszone sehr begrenzt. Für die Standfestigkeit einer solchen Elektrode ist deshalb die Haltbarkeit der Verbindung der Elektrode mit dem Edelmetall der begrenzende Faktor.

[0009] In der DE 196 41 856 A1 werden Mittel- und Masseelektroden einer Zündkerze beschrieben, die in vorbestimmten Bereichen an ihren Spitzen aufgeschmolzen werden, an denen Edelmetallplättchen mechanisch fixiert sind. Danach werden die Edelmetallplättchen derart in die aufgeschmolzenen Elektroden mittels Druckkraft eingesenkt, daß überstehende Abschnitte entlang einer äußeren Peripherie der Edelmetallplättchen ausgebildet werden. Dadurch werden die Edelmetallplättchen durch die überstehenden Abschnitte an der Elektrode befestigt.

[0010] Nachfolgend werden die Edelmetallplättchen durch die so ausgebildeten, überstehenden Abschnitte mit Energie verdichtetem Licht bestrahlt. Mit dieser Bestrahlung wird die Mittelelektrode mit einem Edelmetallplättchen verschweißt, während die Masseelektrode mit einem anderen Edelmetallplättchen verschweißt wird. Dabei kann der Laserstrahl auf den überstehenden Abschnitt der Elektrode gerichtet werden, so daß der Wärmeübergang in Richtung des Edelmetallplättchens geschieht und durch den Elektrodenabschnitt hindurchgeht.

[0011] Solche an einer Elektrode befestigten Edelmetallplättchen haben sich jedoch als nicht besonders haltbar erwiesen und sind darüber hinaus in ihrer Herstellung auch sehr aufwendig und damit kostenintensiv.

#### Vorteile der Erfindung

[0012] Das vorgeschlagene Verfahren zum Verbinden von Edelmetall mit einer Elektrode einer Zündkerze nach den Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1, bei dem das Verbinden des Edelmetalles mit der Elektrode derart erfolgt, daß der Wärmeeintrag in einen Verbindungsbereich von der dem Edelmetall abgewandten Seite der Elektrode zumindest teilweise durch diese hindurch in Richtung des Edelmetalles hin erfolgt, hat den Vorteil, daß das Edelmetall nicht zwangsläufig vollständig über seine gesamte Dicke und/oder gesamte Länge und Breite aufgeschmolzen werden muß.

[0013] Auf diese Weise kann auf der der Elektrode abgewandten Oberfläche des Edelmetalls zumindest teilweise ein unaufgeschmolzener und damit unlegierter Bereich des Edelmetalles bestehen bleiben. Gleichzeitig wird über den Wärmeeintrag dennoch eine gute Verbindung des Edelmetalls mit dem Grundmaterial, d. h. dem Elektrodenmaterial, erreicht.

[0014] Dadurch, daß das Edelmetall an seiner der Elektrode abgewandten Oberfläche, d. h. der Oberseite bzw. Verschleißseite, zumindest teilweise nicht aufgeschmolzen wurde, ist eine Nachbearbeitung der Oberfläche nicht mehr notwendig. Dies liegt insbesondere daran, daß der Wärmeeintrag von der der Verschleißseite entgegengesetzten Seite erfolgt.

[0015] Im Gegensatz hierzu ist es bei aus dem Stand der Technik bekannten Lösungen immer erforderlich, die Laserschweißnaht entweder glatt zu prägen oder die Stirnseite abzuscheren, da der Wärmeeintrag von der dem Verschleiß ausgesetzten Seite erfolgt.

[0016] Weiterhin weist auch das Edelmetall, das nicht mit dem Elektrodenmaterial legiert wurde, bezüglich der Korrosi-



ons- und Erosionsbeständigkeit viel bessere Eigenschaften auf, als mit dem Grundmaterial der Elektrode legierte Edelmetall.

[0017] Grundsätzlich gilt, daß es sich bei dem Edelmetall nicht um eine reines Metall handeln muß, sondern ebenso auch eine geeignete Legierung verwendet werden kann.

[0018] Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung erfolgt der Wärmeeintrag zum Verbinden der Elektrode mit dem Edelmetall mit einem möglichst an 90° angenäherten Winkel zur Verbindungsfläche. Bei einer solchen Durchführung hat es sich gezeigt, daß der Weg durch die Elektrode zur Verbindungsfläche in der Regel der kürzestmögliche ist, so daß der notwendige Wärmeeintrag möglichst gering gehalten werden kann.

[0019] Besonders bevorzugt erfolgt dabei das Aufschmelzen des Edelmetalls, das eine Art Ein- oder Auflage bildet, über seine gesamte Auflagefläche, jedoch nicht bis zu ihrer Oberseite bzw. Verschleißseite hindurch. Dies bedeutet, daß sich auf der den Funken ausgesetzten Elektrodenseite eine Verschleißfläche aus Edelmetall, die nicht legiert bzw. deren Gefüge nicht verändert wird, erreicht werden kann, wobei das Edelmetall gleichzeitig über eine Verschweißung z. B. entlang einer Linie mit dem Grundmaterial sehr gut und fest verbunden ist.

[0020] Es kann aber auch vorgesehen sein, daß das Aufschmelzen der Edelmetalleinlage mit Punkten bzw. Strichen erfolgt. Diese können dabei gegebenenfalls auch bis zur Oberseite laufen, d. h. daß die Edelmetalleinlage in diesem Punkt vollständig aufgeschmolzen wird.

[0021] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen des Gegenstandes der Erfindung sind der Beschreibung, der Zeichnung und den Patentansprüchen entnehmbar.

### Zeichnung

[0022] Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in der Zeichnung schematisch vereinfacht dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

[0023] Fig. 1 die Anordnung eines Laserstrahls zum Wärmeeintrag und das lokale Aufschmelzen eines aufzubringenden Edelmetalls;

[0024] Fig. 2a und Fig. 2b einen Vergleich zwischen einem aus dem Stand der Technik bekannten Verfahren und einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Herstellung einer Zündkerzenelektrode;

[0025] Fig. 3 eine beispielhafte Darstellung einer Verbindung eines Edelmetalls mit einer Mittelelektrode gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung.

### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

[0026] Zur besseren Veranschaulichung der Erfindung werden in den Figuren im folgenden für sich entsprechende Elemente die gleichen Bezugszeichen verwendet.

[0027] Das in der Fig. 1 dargestellte Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens zum Verbinden von Edelmetall 2 mit einer Elektrode 1, die hier beispielhaft als Masseelektrode dargestellt ist, zeigt beispielhaft die Anordnung eines Laserstrahls 5 und das lokale Aufschmelzen des Edelmetalls 2 gemäß einer ersten bevorzugten Ausführung.

[0028] Es ist in dieser Darstellung auch die Anordnung und Größe des in dieser Ausführung eine Einlage bildenden Edelmetalls 2 in seinem Zustand vor dem Wärmeeintrag mit dem Bezugszeichen 6 angedeutet. Zur Verbindung mit der Elektrode 1 wird von der dem Edelmetall 2 gegenüberliegenden Seite der Elektrode 1 mittels des Laserstrahls 5 Wärme eingebracht und das Grundmaterial der Elektrode 5

und teilweise auch das Edelmetall 2 aufgeschmolzen, wodurch diese beiden Komponenten miteinander verschweißt werden.

[0029] Das vollständige Aufschmelzen des Edelmetalls 2 wird vermieden, indem der Eintrag der Laserenergie derart eingestellt wird, daß die Oberseite, das heißt die der Elektrode 1 abgewandte Seite des Edelmetalls 2 unaufgeschmolzen bleibt. Es erfolgt in dem Schmelzbereich 4 eine Legierung zwischen dem Material der Elektrode 1 und des Edelmetalls 2 und dadurch eine Verbindung dieser Materialien.

[0030] Der Wärmeeintrag erfolgt hier, wie erwähnt, mittels eines Laserstrahls 5. Es kann sich dabei um einen Pol-Laser oder auch um einen sogenannten Dauer-Laser- oder auch Continuous Wave (CW)-Laser handeln. Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Parameter des Lasers derart gewählt werden, daß die Leistung ca. 1 kW, die Zeit ca. 100 mm/s und die Vorschubgeschwindigkeit ca. 2 m/min betragen.

[0031] Die Fig. 2a und 2b zeigen ein aus dem Stand der Technik bekanntes Verfahren (Fig. 2a) sowie das erfindungsgemäße Verfahren (Fig. 2b) zur Herstellung einer Elektrode 1, welche hier wieder eine Masseelektrode darstellt, im Vergleich. Es ist dabei jeweils links die Anordnung der Zündkerze mit der Masseelektrode 1 sowie der Laserstrahl 5 ersichtlich. In der Mitte der Figuren ist die Masseelektrode 1 jeweils in einer Ansicht von oben dargestellt und rechts ist ein Schnitt entlang der Linie A-A der mittleren Darstellung gezeigt.

[0032] Betrachtet man in Fig. 2a das bekannte Verfahren, so erfolgt das Verbinden des Edelmetalls 2 mit der Elektrode 1 mit Hilfe des von oben direkt auf das Edelmetall 2 gerichteten Laserstrahls 5. Wie dem rechten Bild von Fig. 2a zu entnehmen ist, wurde der gesamte Bereich, in dem das Edelmetall 2 eingefügt wurde, sowie auch der darumliegende Bereich der Elektrode 1 aufgeschmolzen, und es ist dadurch in dem Schmelzbereich 4 eine einheitliche Legierung aus dem Edelmetall 2 und dem Werkstoff der Elektrode 1, bei dem es sich vorzugsweise um Nickel handelt, gebildet worden.

[0033] Die Fig. 2b zeigt im Vergleich in einer der Fig. 2a entsprechende Darstellung, daß im Gegensatz zum im Fig. 2a dargestellten Verfahren erfindungsgemäß der Wärmeeintrag mit Hilfe des Laserstrahls 5 auf die Elektrode 1 zum Verbinden des Edelmetalls 2 mit dem Material der Elektrode 1 von der dem Edelmetall 2 gegenüberliegenden Seite der Elektrode 1 erfolgt. Wie dem rechten Bild von Fig. 2b zu entnehmen ist, reicht nun die Schmelzzone 4 nicht vollständig bis zur dem Wärmeeintrag entgegengesetzten Oberfläche der Elektrode 1. Das Edelmetall 2 wird nicht vollständig aufgeschmolzen, sondern nur teilweise an seiner Grenzfläche zur Elektrode 1.

[0034] Die Fig. 3 zeigt nun ein weiteres Beispiel für ein Verfahren zum Aufbringen von Edelmetall 2 auf eine Elektrode 1 einer Zündkerze, wobei hier beispielhaft eine Mittelelektrode 1 dargestellt ist, auf die das Edelmetall 2 aufgesetzt werden soll. Um eine Verbindung an der Grenzfläche beziehungsweise Verbindungsfläche 3 bereitstellen zu können, wird der Laserstrahl 5 hierbei seitlich und schräg auf die Elektrode 1 gerichtet. Grundsätzlich sollte der Winkel zur Grenzfläche 3, falls möglich, annähernd 90° betragen, wobei dies jedoch, wie Fig. 3 zeigt, nicht zwingend ist. Gemäß der gezeigten Ausführungsform ist ein 90°-Eintrag des Laserstrahls 5 aufgrund der Länge der Elektrode 1 nicht möglich. Daher wird der Laserstrahl 5 von der Seite an die Elektrode 1 herangeführt. Bei dem Laser kann es sich hier wieder um einen Dauerstrich oder um einen gepulsten Laser handeln.



[0035] Dadurch, daß der Eintrag der Laserenergie gemäß der in der Fig. 3 dargestellten Ausführungsform schräg erfolgt, wird eine Verbindung zwischen Edelmetall 2 und Elektrode 1 nur "im Innern" an den sich überdeckenden Auflageflächen erreicht. Die dem Verschleiß ausgesetzte Oberfläche des Edelmetalls 2 selbst wird nicht aufgeschmolzen. Dadurch bleibt das Edelmetall 2 zumindest im Bereich seiner der Elektrode 1 abgewandten Oberfläche in seiner erwünschten reinen Form erhalten und wird dort nicht mit dem Werkstoff der Elektrode 1 legiert. Somit weist das Edelmetall 2 auf seiner dem Verschleiß und sonstigen äußeren Angriffen ausgesetzten Seite die dem Edelmetall 2 innewohnenden Eigenschaften auf, so daß bezüglich der Korrosions- und Erosionsbeständigkeit keine negativen Veränderungen in dem Edelmetall 2 vorliegen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Verbinden von Edelmetall (2) mit einer Elektrode (1) einer Zündkerze, wobei das Verbinden durch Wärmeeintrag, insbesondere in Form einer Schweißverbindung, erfolgt, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Wärmeeintrag in einen Verbindungsbereich (3) von einer dem Edelmetall (2) abgewandten Seite der Elektrode (1) zumindest teilweise durch diese hindurch in Richtung des Edelmetalles (2), erfolgt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmeeintrag in einem Winkel von wenigstens annähernd 90° zur Verbindungsfläche (3) erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Edelmetall (2) zumindest in einer Teilfläche nicht vollständig aufgeschmolzen wird.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verbinden im wesentlichen entlang eines Umfanges der Elektrode (1) erfolgt.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmeeintrag nicht bis zu einer der Elektrode (1) abgewandten Oberfläche des Edelmetalls (2) in aufschmelzender Stärke erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmeeintrag im wesentlichen entlang einer Linie erfolgt.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Wärmeeintrag mit Hilfe eines Laserstrahls (5) erfolgt.
8. Zündkerze für einen Verbrennungsmotor mit einer Elektrode (1), die mit Edelmetall (2) versehen ist, insbesondere nach einem Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Edelmetall (2) mit der Elektrode (1) durch eine Schweißverbindung verbunden ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Edelmetall (2) im Bereich der Schweißverbindung zumindest teilweise auf seiner der Elektrode (1) abgewandten Oberfläche unaufgeschmolzen ist.
9. Zündkerze nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Schweißverbindung im wesentlichen linienförmig verläuft.
10. Zündkerze nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Schweißverbindung nicht durchgängig gebildet ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---



- Leerseite -



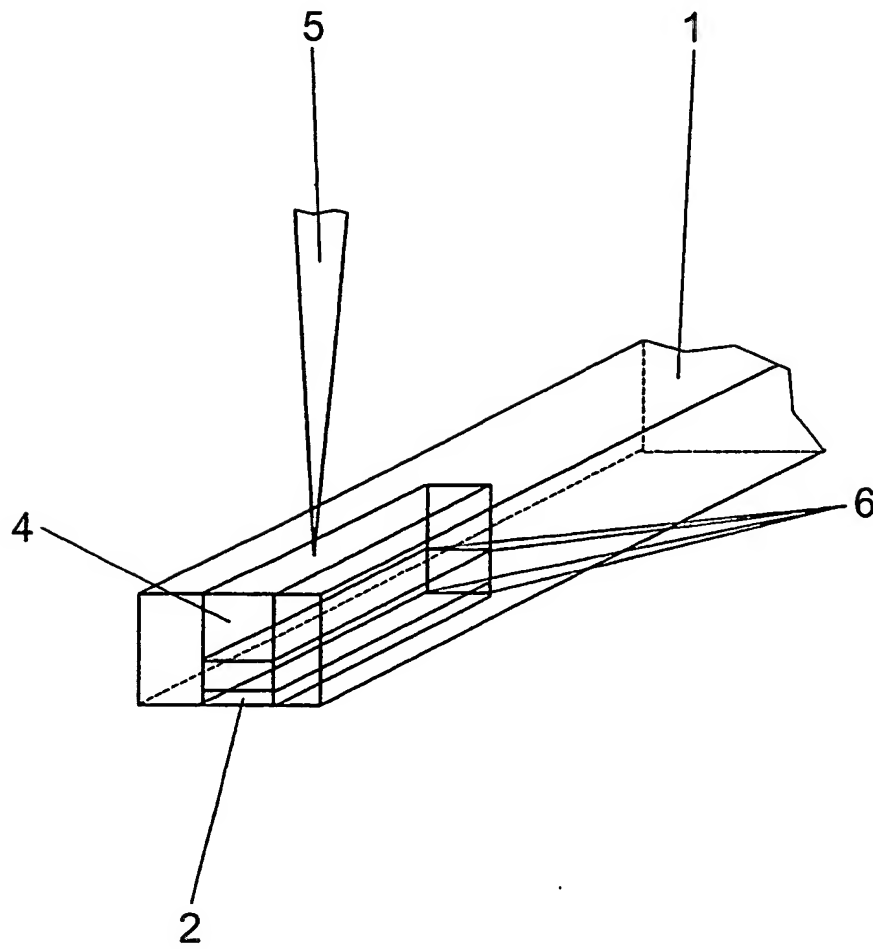


Fig. 1

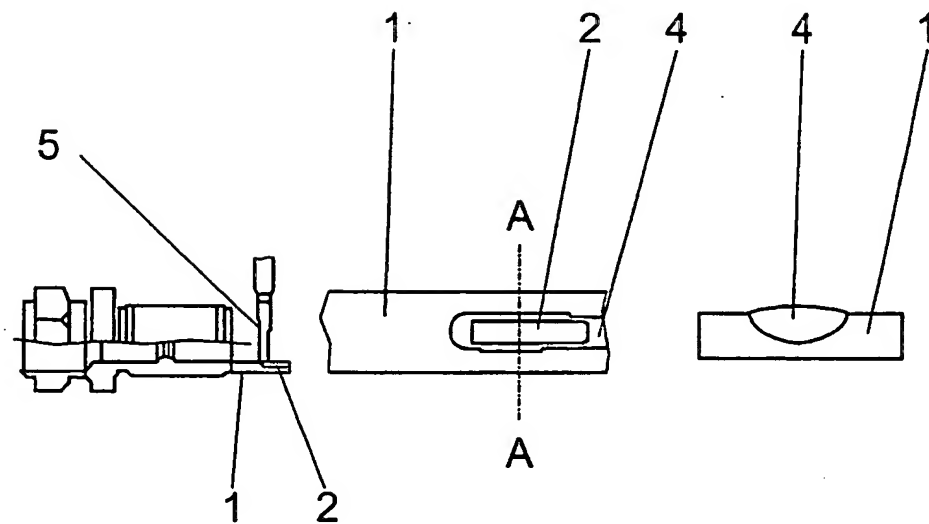


Fig. 2a

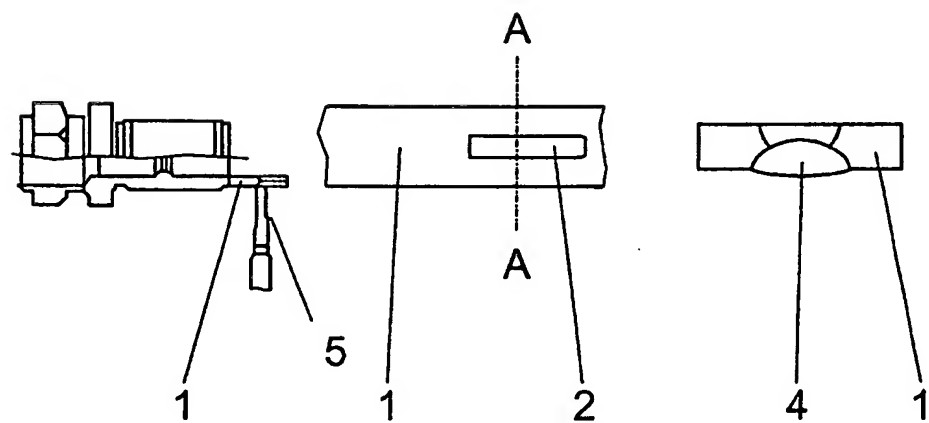


Fig. 2b



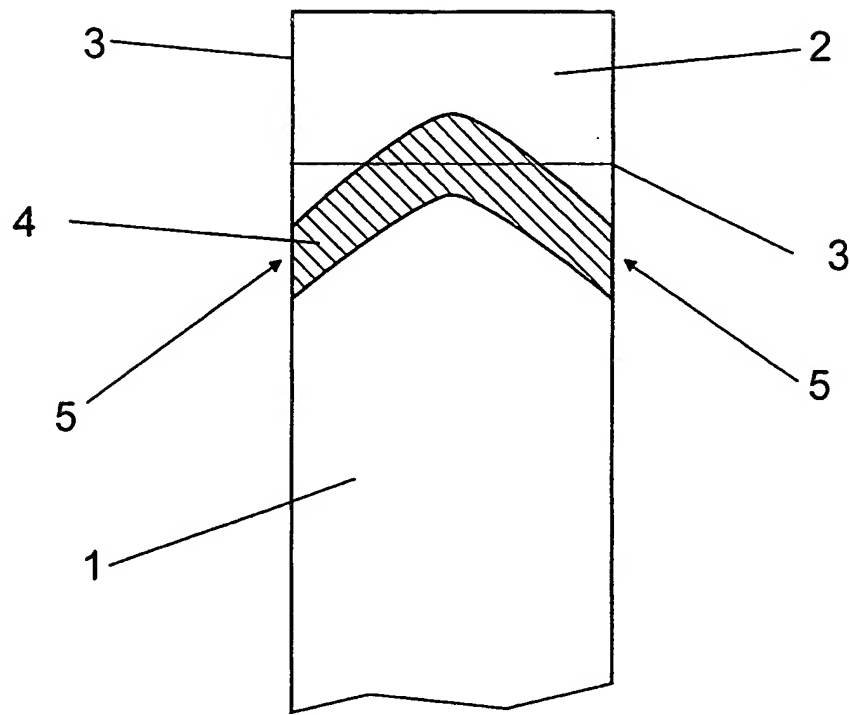


Fig. 3